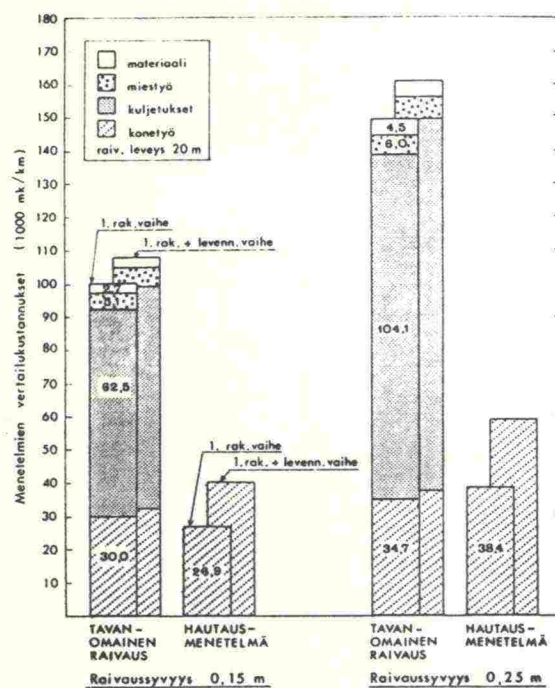


25.6.1986



PASMA-PROJEKTI OSARAPORTTI

RAIVAUSJÄTTEIDEN HÄVITTÄMISMENETELMIEN KUSTANNUSVERTAILU

08

TIE -



86 0660

S I S Ä L L Y S L U E T T E L O

	Sivu
TIIVISTELMÄ	1
1. YLEISTÄ	2
1.1 Tutkimuksen tausta	2
1.2 Raivaustyömäärät	2
2. LÄHTÖOLETTAMUKSET	3
3. TAVANOMAINEN RAIVAUS	5
3.1 Toimintavälineet	5
3.2 Ensimmäinen rakennusvaihe	6
3.3 Leventämisvaihe	8
3.4 Kustannusten yhdistelmä	9
4. RAIVAUSJÄTTEIDEN HAUTAAMINEN	10
4.1 Toimintavälineet	10
4.2 Ensimmäinen rakennusvaihe	11
4.3 Leventämisvaihe	12
4.4 Kustannusten yhdistelmä	13
5. MENETELMIEN KUSTANNUSEROT	14
6. HERKKYYSANALYYSI	17
6.1 Raivausleveys ens. rakennusvaiheessa	17
6.2 Lisäraivauksen leveys levennysvaiheessa	19
6.3 Tien levennyspuoli	20
6.4 Kuljetusmatka	21
6.5 Kivisyys ja lohkareisuus	23
6.6 Nollatasaus/tasausviivan nosto	23
7. RAIVAUSMENETELMÄVALINNAN KUSTANNUSMERKITYS	24

TIIVISTELMÄ

Tämä vertailu sisältää laskelmat kahden raivausjätteiden hävittämismenetelmän keskinäisestä edullisuudesta. Vertaillut menetelmät ovat raivausjätteiden hävittäminen kuljettamalla ne läjitysalueelle tai hävittämällä ne hautaamalla rakennuspai-
kalla sivuojan alle. Menetelmävalinnan kustannusmerkitystä laskettaessa on tarkasteltu myös ns. luiskiinsijoitusmenetelmällä saatavissa olevia säästöjä.

Vertailussa on otettu huomioon myös tien myöhempi mahdollinen leventämistarve.

Laskelmien mukaan on raivausjätteiden hävittäminen hautaamalla keskimääräisissä olosuhteissa n. 70 % edullisempaa kuin niiden kuljetus läjitysalueelle. Tien mahdollisen myöhemmän leventämisen jälkeenkin on rakentamis- ja leventämisvaiheiden kustannusten summa hautausmenetelmässä yli 60 % pienempi.

Keskimääräisillä kuljetusmatkoilla ja tavanomaisissa raivausolosuhteissa on hautausmenetelmä ensimmäisessä rakennusvaiheessa noin 73 000 - 110 000 mk/km edullisempi kuin jätteiden kuljetus läjitysalueelle. Levennysvaiheen jälkeen on kustannusero yhteensä 70 000-100 000 mk/km.

Hautausmenetelmän edullisuus on seurausta kuljetusten vähene-
misestä sekä paikalta halvalla saatavasta pengermateriaalista.

Niillä nollatasausosuuksilla, joilla ei ole pengermassojen tarvetta, kannattaisi tästä huolimatta käyttää hautausmenetelmää nostamalla tasausviivaa, koska menetelmä alentaisi tällöin vertailukustannuksia 19000 - 24000 mk/km.

Jos hautausmenetelmä yleistyisi nykyisestä alle neljän prosentin osuudesta kahteenkymmeneen prosenttiin, koituisi tästä vuosittain säästöä noin 4,5 Mmk.

Jos raivausjätteiden luiskiin sijoitusta lisättäisiin nykyisestä noin 15 % osuudesta 25 %:iin luiskia loiventamalla, kertyisi tästä säästöä 1,8 Mmk/v.

1. YLEISTÄ

1.1 Tutkimuksen tausta

Tämä kustannusvertailu on rakennuspaikalta saatavien materiaalien hyväksikäyttömahdollisuuksia tienrakennuksessa selvittävän ns. PASMA-projektin osaraportti.

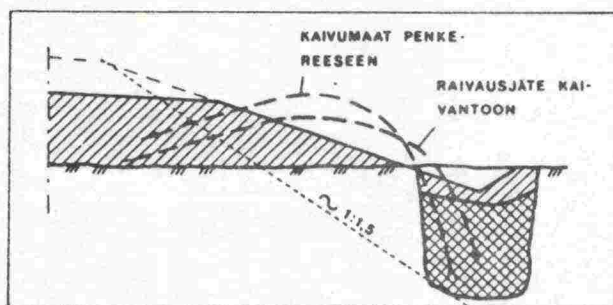
Sen on laatinut DI Kyösti Laukkanen rakentamistalouden toimistosta. Raportti on käsitelty PASMA-työryhmässä, johon tällöin ovat kuuluneet

DI Kyösti Laukkanen/Rr
DI Kari Lehtonen /Sts
DI Tuomo Kallionpää/Rt
DI Matti Partanen /Rm

Raportin käsittelyssä on kuultu asiantuntijana tark. Reijo Oramaa/Rm.

1.2 Raivaustyömäärät

Pintamaan raivausta tehtiin vuonna 1984 litteraraportin mukaan 7,3 milj.m². Tästä määrästä oli tiealueelle hautauksen (kuva 1) osuus 0,27 milj.m² eli 3,6 %.



Kuva 1: Raivausjätteiden hautaaminen tien sivuun

Edellä mainituista luvuista on huomattava, että ns. luiskakolmioon sijoitetut raivausjätteet eivät sisälly näihin hautausmenetelmän prosenttiosuuksiin. Koska ne litteroidaan tavanomaisen pintamaan raivauksen litteralle, ei niiden määrää voida litteraraportin perusteella selvittää. Tästä syystä ei litteran pintamaan raivaus (1122) yksikköhinta myöskään kuvaa tavanomaisen raivauksen, jossa jätteet viedään läjitysalueelle, yksikköhintaa.

2. LÄHTÖOLETTAMUKSET

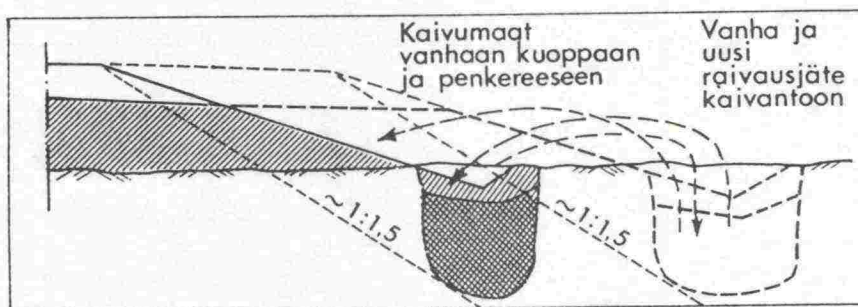
Eri menetelmien välisen vertailun helpottamiseksi esitetään seuraavassa työnsuunnittelutietokorttien avulla laadittu vertailulaskelma, jossa on tehty perustilanteessa seuraavat oletukset:

- raivattavan alueen leveys ensimmäisessä vaiheessa 20 m
- tietä levennetään 20 v myöhemmin siten, että raivausleveys kasvaa 5 m
- tien leventämisen kustannukset lasketaan reaalikustannuksina v. 1985 hintatasossa
- laskentakorkokanta 6 %
- raivaussyvyys vaihtelee välillä 0,15 - 0,25 m (tavanomaiset olosuhteet)
- kuljetusmatka läjitysalueelle vaihtelee 0,5 - 3 km
- kuljetusmatka varamaanottopaikalta vaihtelee 0,5 - 10 km
- kuljetukset tehdään kuorma-autoilla
- kuljetusmaksut 1.6.1985 taksojen mukaan
- konevuokrat konetaksaraportista 01-06.85.

Koska hautausmenetelmässä saadaan tiealueelle kaivettavasta kuopasta käyttökelpoista pengermateriaalia, otetaan tavanomaisen raivauksen kustannuksiin mukaan varamaanottopaikalta han-

kittava vastaava materiaalmäärä. Sivuojen kaivamista ei ole sisällytetty kumpiinkaan vertailukustannuksiin.

Tien leventämisvaiheessa joudutaan hautauskohteissa kaivamaan ensimmäisessä vaiheessa haudatut jätteet ylös ja hautaamaan ne uudelleen, jos niitä on levennettävällä puolella. Tästä kuopasta, johon haudataan sekä uudet että vanhat jätteet saadaan sekä vanhan kuopan täyttämiseen tarvittava materiaali että uutta pengermateriaalia (kuva 2).



Kuva 2: Raivausjätteiden hautaaminen tien leventämisvaiheessa

Vertailulaskelmissa on perustilanteeksi otettu vaihtoehto, jossa kaikki vanha jäte on levennettävällä puolella ja kaivetaan ylös. Käytännössä näin ei pitäisi olla ja siksi on selvitetty myös, miten tilanne muuttuu, jos vain puolet kaivetaan ylös sekä jos levennettävällä puolella ei ole vanhoja jätteitä.

Koska mahdollisessa uudelleen hautauksessa menee suurin osa uudesta kuopasta saatavasta materiaalista vanhan kuopan täyttämiseen, ei uudesta kuopasta penkereeseen käytettävä materiaali nosta normaaliolosuhteissa tasausviivaa.

Vertailukustannuksissa otetaan huomioon vain ne työt, jotka poikkeavat toisistaan eri menetelmien välillä.

3. TAVANOMAINEN RAIVAUS

3.1 Toimintavälineet

Raivaus ja raivausjätteiden kuormaus tehdään kaivukoneella KKH 17 (TS -kortti 5042). Läjitysalueella tarvitaan raivaustyön ajan PT06. Massat kuljetetaan kuorma-autoilla.

Toimintayksikön tuntikustannus normaaleissa olosuhteissa on

		mk/h
KKH 17	raivaus ja kuormaus	147
n x KA	kuljetus	
PT06	läjitys	95
RM	aputyöt	40
	yhteensä ilman kuljetuksia	282

Kaatopaikalle ajettavaa raivausjättemäärää vastaavan, varamaan-ottopaikalta tuotavan materiaalin määrän pengerryksessä käytetään ilman tiivistys- ja tasaustöitä (TS -kortti 6052):

		mk/h
KUP 13	kuormaus	129
n x KA	kuljetus	
TRN 55P	levitys	72
RM	aputyöt	40
	yhteensä ilman kuljetuksia	241

Läjitys- ja levityskone tekevät työmaateitä 0,5 tv raivattavaa tiekilometriä kohden.

Keskimääräinen kuljetusmatka v. 1984 oli litteralla 1122 (Raivausjätteiden hävitys) 1,59 km ja litteralla 1531 (Pengermateriaali maanottopaikalta penkereeseen) 5,62 km.

Tässä vertailussa kuljetuskustannukset lasketaan keskimääräiselle sekä yhdelle lyhemmälle ja yhdelle pitemmälle matkalle (taul. 1).

Vaihtoehto	Raivaus → läjitys		Varamaap. → penger	
	km	mk/ m ³ itd	km	mk/ m ³ itd
I Keskim. lyhemmät kuljetusmatkat	0,5- 1	3,94	0,5- 1	3,94
II Keskimääräiset kuljetusmatkat	1 - 2	4,93	5 - 6	8,95
III Keskim. pitemmät kuljetusmatkat	2 - 3	6,01	9 -10	12,81

Taulukko 1: Vertaillut kuljetusmatkavaihtoehdot ja niiden kustannukset tavanomaisessa raivauksessa

3.2 Ensimmäinen rakennusvaihe

a) Raivaus

- raivauksen työsaavutus normaaleissa olosuhteissa (TS-kortti 5042) $K_3 = 1\,700\text{ m}^2/\text{tv}$
- raivaus kestää 94 h/km (raivausleveys 20 m)
- raivaava KKH mitoittaa työkoneketjun kapasiteetin
- läjituskone on koko ajan paikalla
- raivaus maksaa 45 000 - 72 000 mk/km ja tästä on kuljetusten osuus 40-60 % (taul. 2).

Raivaus- syvyys m	Raivaus- jätettä m ³ itd/km	Kustannukset (1 000 mk/km)						
		ilman kulj.	kuljetuskust.			kust. yht.		
			0,5-1	1-2	2-3	0,5-1	1-2	2-3
0,15	4500	26,9	17,7	22,2	27,0	44,6	49,1	53,9
0,25	7500	26,9	29,6	37,0	45,1	56,5	63,9	72,0

Taulukko 2: Ensimmäisen rakennusvaiheen raivauskustannukset

b) Pengerryks

- kuormauskone KUP 13 mitoittaa työkonetunnetin kapasiteetin

$$K3 = 135 \text{ m}^3\text{itd/h}$$

- pengermateriaali maksaa 0,6 mk/m³itd
- kestot

Raivaus- syvyys m	Penger- mater. m ³ itd/km	Kuorm.+ levitys h	Työmaa- tiet h
0,15	4500	33	4
0,25	7500	56	4

Taulukko 3:
Pengerryksen vaatimat konetunnit
(h/km)

- pengerryks maksaa 29 000 - 114 000 mk/km ja tästä on kuljetusten osuus 62-84 % (taul. 4)

Penger- mater. m ³ itd/km	Kustannukset (1 000 mk/km)						
	ilm. kulj.	kuljetuskust.			kust.yht.		
		0,5-1	5-6	9-10	0,5-1	5-6	9-10
4500	10,9	17,1	40,3	57,6	28,6	51,2	68,5
7500	18,3	29,6	67,1	96,1	47,9	85,4	114,4

Taulukko 4: Pengerryksen vertailukustannukset

3.3 Leventämisvaihe

a) Raivaus

Tietä levennetään 20 vuotta ensimmäisen rakennusvaiheen jälkeen siten, että raivausleveys kasvaa 5 m.

Vanhan tielinjaa raivausta vastaavilla toimintayksiköillä saadaan

- raivaus kestää 24 h/km
- työmaatietä tehdään 4 h/raivaus-km.

Vuoteen 1985 diskontatut raivaustyön reaalikustannukset ovat 4 000 - 6 000 mk/km ja tästä on kuljetusten osuus 40-60 % (taul. 5).

Disk korko %	Raivaus- syvyys m	Raivaus- jätettä m ³ itd/km	Kust. ilman kulj.	Kuljetuskust.			Kust. yht.		
				0,5-1	1-2	2-3	0,5-1	1-2	2-3
6	0,15	1125	2,2	1,4	1,7	2,1	3,6	3,9	4,3
	0,25	1875	2,2	2,3	2,9	3,5	4,5	5,1	5,7

Taulukko 5: Raivauksen vertailukustannukset (1000 mk/km) leventämisvaiheessa (kuljetusväli 0,5 - 3 km)

b) Pengerryks

Pengerryksen kustannukset lasketaan sille materiaalimäärälle, joka hautaamismenetelmässä saataisiin kaivannosta.

Pengerryks kestää noin 40-70 h/km (taul. 6).

Raivaus- syvyys m	Penger- mater. m ³ itd/km	Kuormaus+ levitys h	Työmaa- tiet h
0,15	1125	8	4
0,25	1875	14	4

Taulukko 6: Kestot raivattavaa tiekilometriä kohden

Vuoteen 1985 diskontatut pengerryksen reaalikustannukset ovat 2 000 - 9 000 mk/km ja tästä on kuljetusten osuus 61-83 % (taul. 7).

Taulukko 7: Pengerryksen vertailukustannukset leventämisvaiheessa (kuljetusväli 0,5-10 km)

Disk. korko %	Penger- mater. m ³ itd/km	Kustannukset (1000 mk/km)						
		ilman kulj.	kuljetuskust.			kust. yht.		
			0,5-1	5-6	9-10	0,5-1	5-6	9-10
6	1125	0,9	1,4	3,1	4,5	2,3	4,0	5,4
	1875	1,5	2,3	5,2	7,5	3,8	6,7	9,0

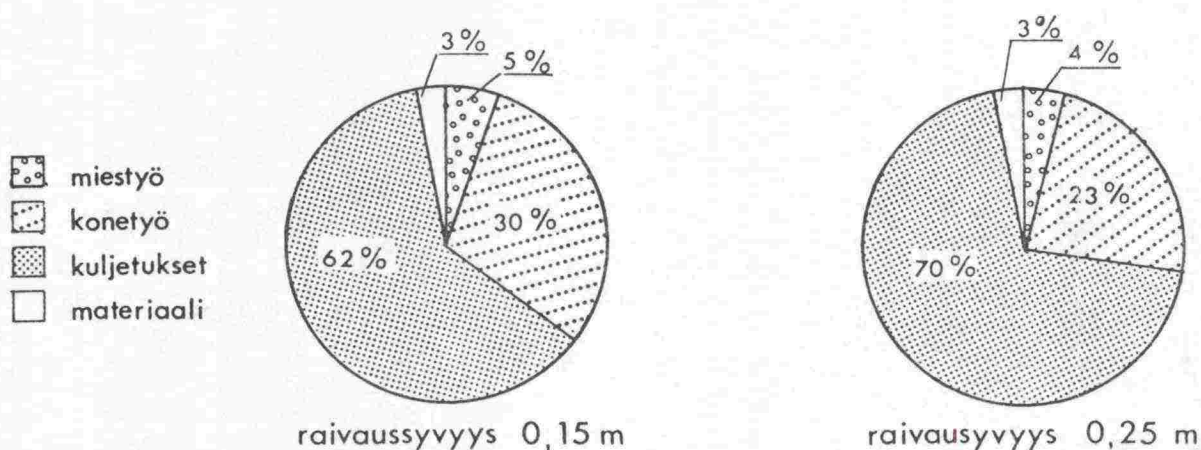
3.4 Kustannusten yhdistelmä

Raivauksen ja pengerryksen kustannukset on yhdistetty kolmelle kohdan 3.1 mukaiselle kuljetusmatkavaihtoehdolle.

Taulukko 8: Tavanomaisen raivausmenetelmän kustannusten yhdistelmä

	Raiv. syv. m	Kustannukset 1000 mk/km						
		Kust. ilman kulj.	Kuljetuskust.			Kust. yht.		
			I	II	III	I	II	III
Ens.rak. vaihe	0,15	37,8	35,4	62,5	84,6	73,2	100,3	122,4
	0,25	45,2	59,2	104,1	141,2	104,4	149,3	186,4
Levennys- vaihe	0,15	3,1	2,8	4,8	6,6	5,9	7,9	9,7
	0,25	3,7	4,6	8,1	11,0	8,3	11,8	14,7
Yhteensä	0,15	40,9	38,2	67,3	91,2	79,1	108,2	132,1
	0,25	48,9	63,8	112,2	152,2	112,7	161,1	201,1

Keskimääräisillä kuljetusmatkoilla (VE II) on kuljetuskustannusten osuus vertailukustannuksista noin 60-70 %. Kuljetusten osuus on sitä suurempi, mitä suurempi on raivaussyvyys (kuva 3). Tien myöhempi leventäminen ei vaikuta kustannusten %-jakautumaan.



Kuva 3: Tavanomaisen raivauksen vertailukustannusten kustannusrakenne (ens.rak.vaihe sekä ens. + levennysvaihe)

4. RAIVAUSJÄTTEIDEN HAUTAAMINEN

4.1 Toimintavälineet

Raivausjätteet irrotetaan ja kasataan, kuoppa kaivetaan ja jätteet haudataan kaivukoneella KKH 17. Kuopasta saatava pengermateriaali levitetään TRN 55 P:llä

	mk/h
KKH 17	147
TRN 55 P	72
yht.	219

4.2 Ensimmäinen rakennusvaihe

- kapasiteetit (TS -kortti nro 5116)

raivausjätteiden irrotus ja kasa

KKH 17 K3 = 600 m²/h

kuopan kaivu ja hautaaminen

KKH 17 K3 = 50 m³itd/h

levityskone on koko ajan paikalla, sen kapasiteetti ylittää kaivukoneen kapasiteetin

- raivaus kestää, yhdellä kaivukoneella 123 - 183 h/km (taul. 9).

Taulukko 9: Raivauksen kesto (h/km) hautausmenetelmällä

Raivaus- syvyys m	Raivaus- jätettä m ³ itd/km	Irrotus+ kasa h	Kaivu+ hauta h	Kesto yht. h
0,15	4500	33	90	123
0,25	7500	33	150	183

Raivaus maksaa 27 000 - 40 000 mk/km (taul. 10).

Taulukko 10: Hautausmenetelmän kustannukset ensimmäisessä rakennusvaiheessa

Raivaus- syvyys m	Kustannukset 1000 mk/km
0,15	26,9
0,25	40,1

4.3

Levennysvaihe

Jos tietä levennetään 20 v myöhemmin siten, että raivausleveys kasvaa 5 m hautauskaivannon puolelta, joudutaan vanhat raivausjätteet kaivamaan ylös ja hautaamaan uudelleen uusien raivausjätteiden kanssa. Vanhoja jätteitä ylös kaivettaessa syntävä kuoppa täytetään uutta kuoppaa kaivettaessa saatavilla materiaaleilla.

Vanhojen jätteiden 20 vuoden aikana tapahtuneen tiivistymisen voidaan katsoa vastaavan kaivannon ryöstökerrointa niitä ylös kaivettaessa, jolloin kuopasta kaivettavan aineksen irtotilavuus vastaa siihen aikoinaan haudatun jätteen irtotilavuutta.

Raivaus kestää 168 - 275 h/km (taul. 11)

Taulukko 11: Raivauksen kesto (h/km)

Työvaihe	Raivaus- syvyys m	Suorite- määrä m ³ itd/km	Kapasit. K3	Kesto	
				KKH h	TRN h
Raivausjätteiden irrotus ja kasaus	0,15	1125	600 m ² /h	8	-
	0,25	1875		8	-
Vanhojen jätteiden ylöskaivu	0,15	4500	95 m ³ itd/h	47	-
	0,25	7500		79	-
Kuopan kaivu ja hautaus	0,15	5625	50 -"-	113	-
	0,25	9375		188	-
Pengermaiden levitys	0,15	1125	100 -"-	-	11
	0,25	1875		-	19
Yhteensä	0,15			168	11
	0,25			275	19

Kustannusten diskonttaus alentaa olennaisesti leventämisvaiheen vertailukustannuksia (taul. 12).

Taulukko 12: Leventämisvaiheen raivauskustannukset

Disk. korko %	Raivaus- syvyys m	Kustannukset 1000 mk/km
6	0,15	11,5
	0,25	18,8

4.4

Kustannusten yhdistelmä

Leventämisvaiheen vertailukustannukset jäävät noin 30 %:iin kustannusten summasta, vaikka tällöin on kaivettu ensimmäisessä rakennusvaiheessa haudatut jätteet ylös ja haudattu ne uudelleen (taul. 13).

Taulukko 13: Hautausmenetelmän vertailukustannukset

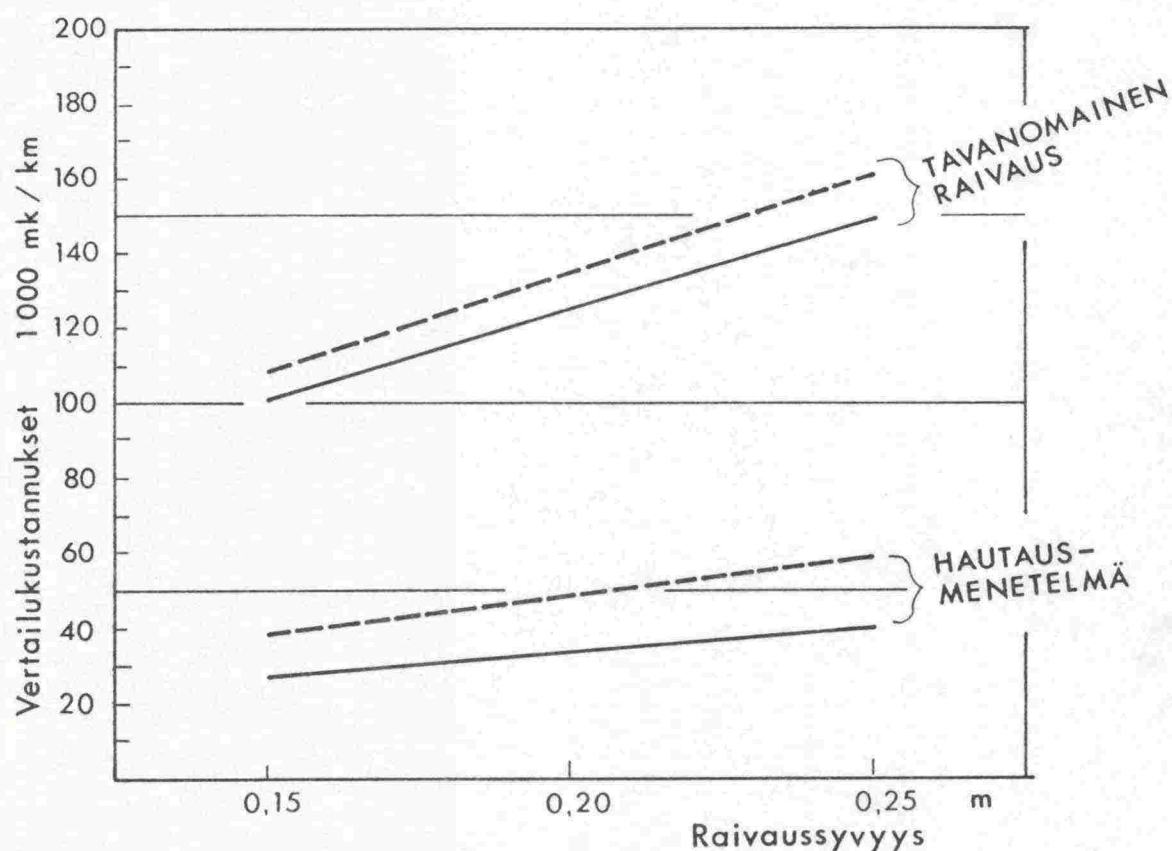
	Raivaus- syvyys m	Kustannukset 1000 mk/km
Ens. rak. vaihe	0,15	26,9
	0,25	40,1
Levennys- vaihe	0,15	11,5
	0,25	18,8
Yhteensä	0,15	38,4
	0,25	58,9

5. MENETELMIEN KUSTANNUSEROT

Raivausjätteiden hävittäminen hautaamalla tavanomaisissa raivausolosuhteissa on ensimmäisessä rakennusvaiheessa 73 % halvempaa kuin tavanomaisessa raivauksessa keskimääräisillä kuljetusmatkoilla (VE II taul. 14). Vertailukustannusten ero on 73 000 - 110 000 mk.

Näin suuri ero on seuraus tavanomaisen menetelmän suurista kuljetuskustannuksista sekä hautausmenetelmässä rakennuspaikalta saatavan pengermateriaalin edullisuudesta.

Ensimmäisen rakennusvaiheen ja leventämisvaiheen vertailukustannusten summa on hautausmenetelmällä (keskim.kuljetusmatkoilla) 63-65 % alhaisempi kuin tavanomaisella raivauksella. Vertailukustannusten ero on 70 000 - 102 000 mk/km (taul. 14, kuva 4)



Kuva 4: Raivausmenetelmien vertailukustannukset keskimääräisillä kuljetusmatkoilla

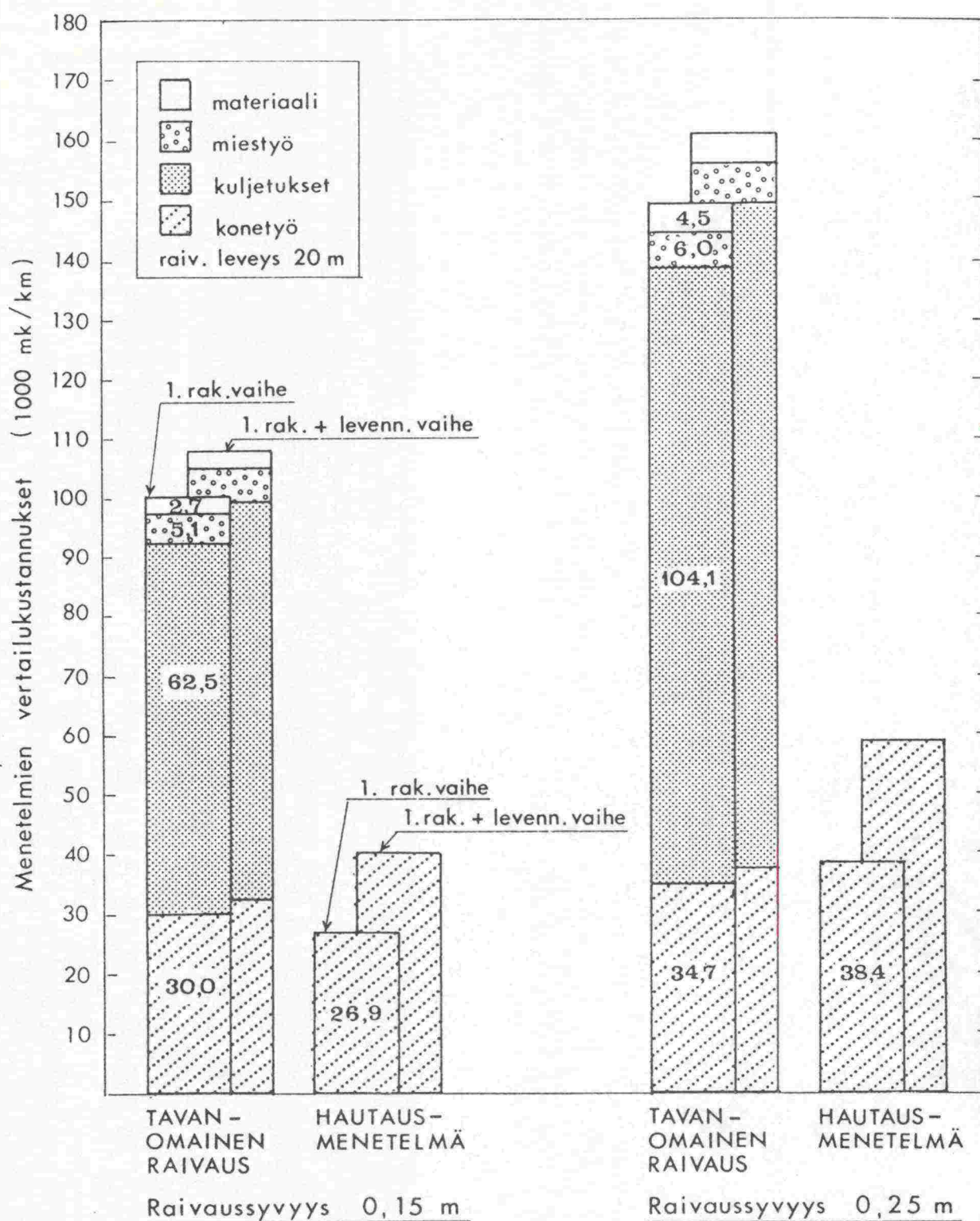
- ensimm. rakennusvaihe (raiv.lev. 20 m)
- ens.rak.vaihe + levennysvaihe yht.
(lisäraivausleveys 5 m)

	Raiv. syv. m	Vertailukustannukset (1000 mk/km)				Ero (1000 mk/km)			Ero (%)		
		lavanomainen raivaus			Hautaus- menet.	I/H	II/H	III/H	I/H	II/H	III/H
		I	II	III							
Ens.rak. vaihe	0,15	73,2	100,3	122,4	26,9	46,3	73,4	95,5	63	73	78
	0,25	104,4	149,3	186,4	40,1	64,3	109,2	146,3	61	73	78
Levennys- vaihe	0,15	5,9	7,9	9,7	11,5	- 5,6	- 3,6	- 1,8			
	0,25	8,3	11,8	14,7	18,8	-10,5	- 7,0	- 4,1			
Yhteensä	0,15	79,1	108,2	132,1	38,4	40,7	69,8	93,7	51	65	71
	0,25	112,7	161,1	201,1	58,9	53,8	102,2	142,2	48	63	71

Taulukko 14: Raivausmenetelmien kustannuserovertailu
(kuljetusmatkavaihtoehdot I-III, ks. kohta 3.1/taul. 1)

Tilanne ei siten ole olennaisesti muuttunut, vaikka laskelma on tehty hautausmenetelmälle epäedullisen olettamuksen pohjalta, jonka mukaan kaikki jätteet ovat levennettävällä puolella ja kaivetaan ylös.

Rakennustoiminnan tavoitteena 2 vuosille 1985-86 on laskea pengerkuution hintaa 3 %/v. Keinoiksi on valittu mm. läjitysten ja kuljetusten vähentäminen sekä pengeromavaraisuuden parantaminen. Hautausmenetelmän käyttö raivauksessa edistää olennaisesti tämän tavoitteen saavuttamispyrkimyksiä (kuva 5).



Kuva 5: Raivausmenetelmien vertailukustannusten kustannusrakenne eri rakennusvaiheissa sekä eri raivaussyvyyksillä

6. HERKKYYSANALYYSI

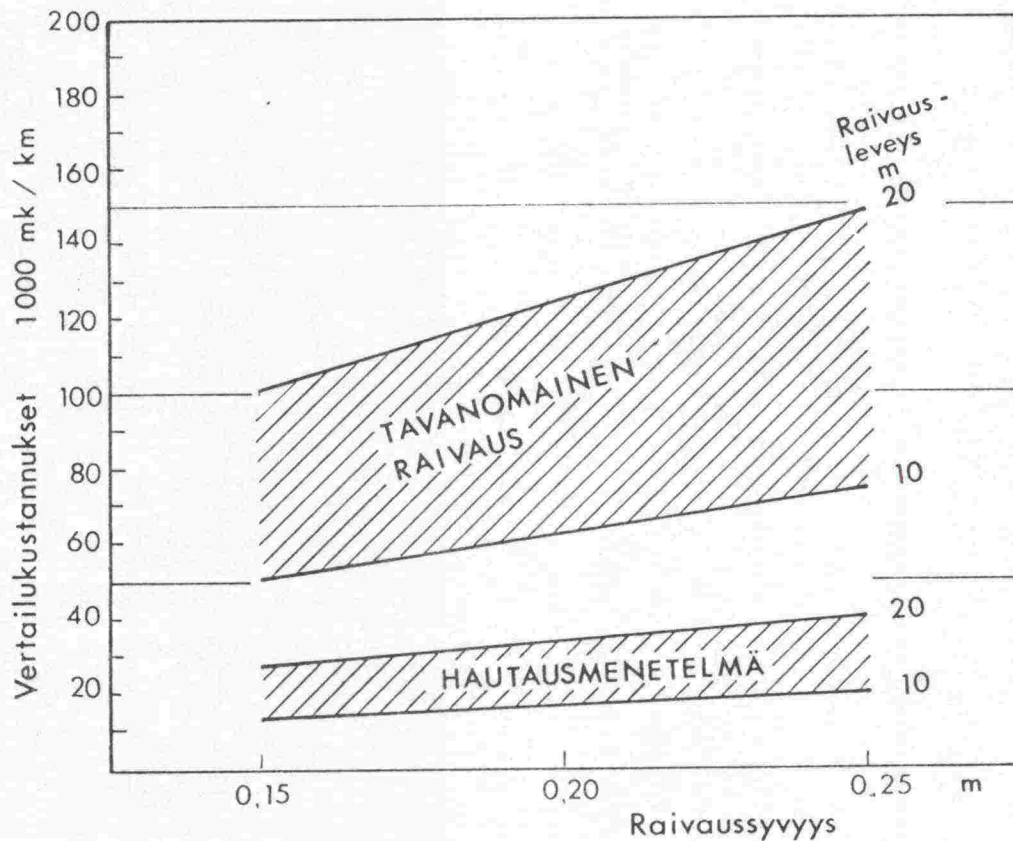
6.1 Raivausleveys ens. rakennusvaiheessa

Vertailulaskelmassa on raivausleveydeksi ensimmäisessä rakennusvaiheessa oletettu 20 m. Jos raivausleveytenä olisi käytetty jotain muuta, muuttuu menetelmien vertailukustannusten erotus raivausleveyksien suhteella.

Esim. raivausleveys 20 m \rightarrow 10 m (kuva 6)

ensimmäisen rakennusvaiheen

- vertaillut työmäärät alenevat puoleen
- vertailukustannukset "- "-
- vertailukustannuserot mk/km alenevat puoleen
- "- % pysyvät ennallaan
- raivauksen neliöhinta säilyy ennallaan.



Kuva 6: Raivausleveyden (10-20 m) vaikutus vertailukustannuksiin ensimmäisessä rakennusvaiheessa keskim. kuljetusmatkoilla

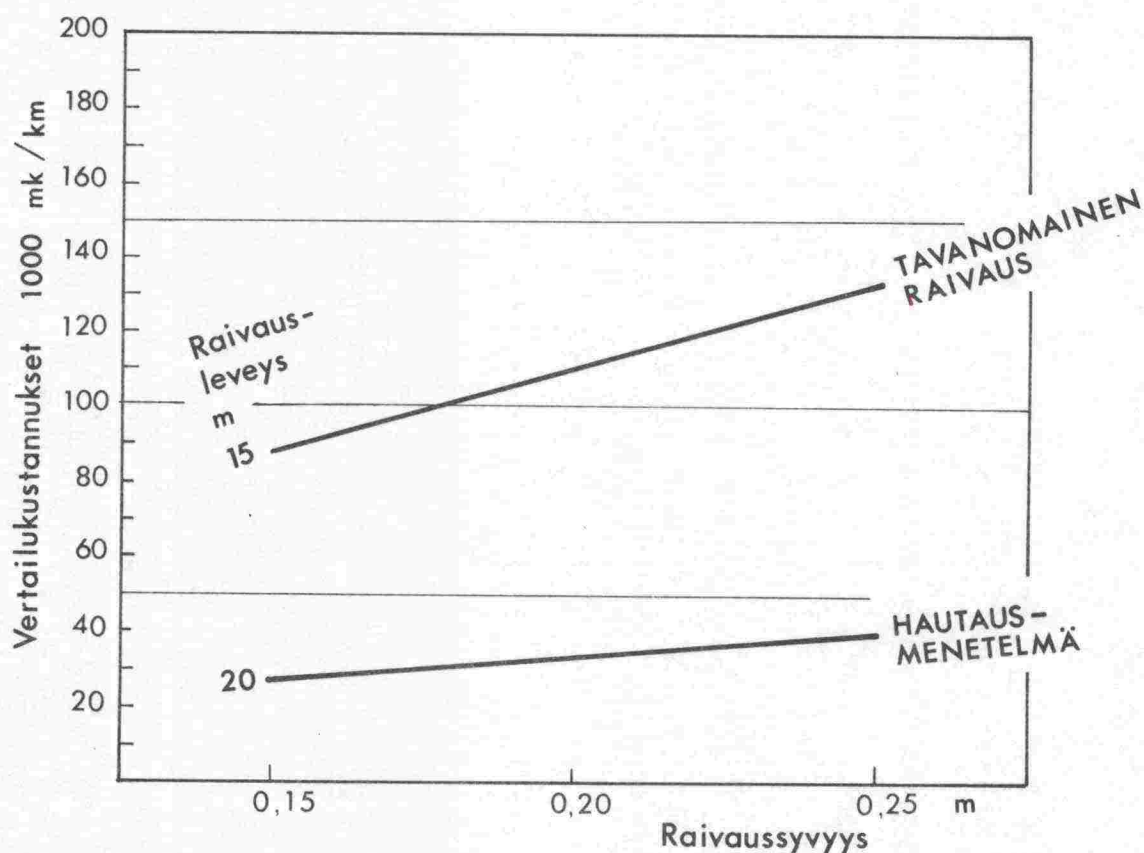
Jos tavanomaisessa raivauksessa selvittäisiin pienemmällä raivausleveydellä kuin hautausmenetelmässä, alentaisi tämä vain tavanomaisen raivauksen vertailukustannusten raivauskustannusosuutta verrattuna tilanteeseen, jolloin raivausleveydet ovat yhtä suuret. Sen sijaan pengertämisen osuuteen vertailukustannuksista tämä ei vaikuttaisi.

Esim. Raivausleveys tavanom. raivaus 15 m

hautausmenet. 20 m

hautausmenetelmän vertailukustannukset ovat 70 %

(60-90 000 mk/km) alhaisemmat raivaussyvyydestä riippuen (kuva 7).



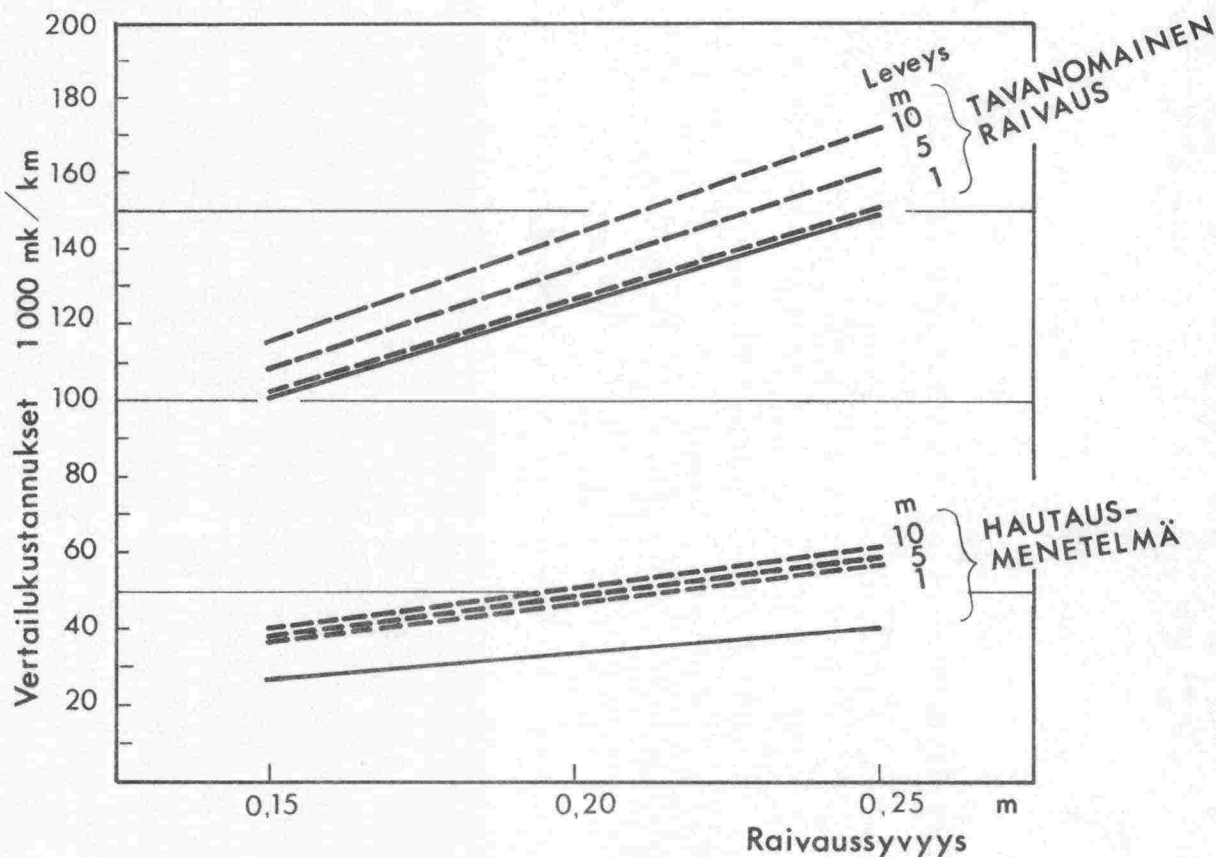
Kuva 7: Raivausmenetelmien vertailukustannukset, kun menetelmissä on eri raivausleveydet

6.2 Lisäraivauksen leveys levennysvaiheessa

Vertailulaskelmien perustilanteen olettamuksissa on raivausleveyden oletettu kasvavan 5 m, kun tietä levennetään. Tämän oletuksen testaamiseksi on laskelmat tehty myös lisäraivausten leveyksille 1 m ja 10 m.

Myös näissä tapauksissa on selvitetty, mitä kustannuksiin vaikuttaa, jos vanhat jätteet kaivetaan tällöin ylös. Jos raivausleveys kasvaa vain yhden metrin, ei näin käytännössä varmaankaan tapahtuisi vaan, levennys tehtäisiin toiselle puolen tietä.

Olennaista muutosta lisäraivauksen leveysvaihtelu välillä 1...10 m ei kuitenkaan tuo menetelmien keskinäiseen vertailuun (kuva 8).



Kuva 8: Levennysvaiheen lisäraivausleveyden vaikutus vertailukustannuksiin keskim. kuljetusmatkoilla

- ensimm. rakennusvaihe (raiv.lev. 20 m)
- ens.rak.vaihe + levennysvaihe yht.
(lisäraivausleveys 1 tai 5 tai 10 m)

6.3 Tien levennyspuoli

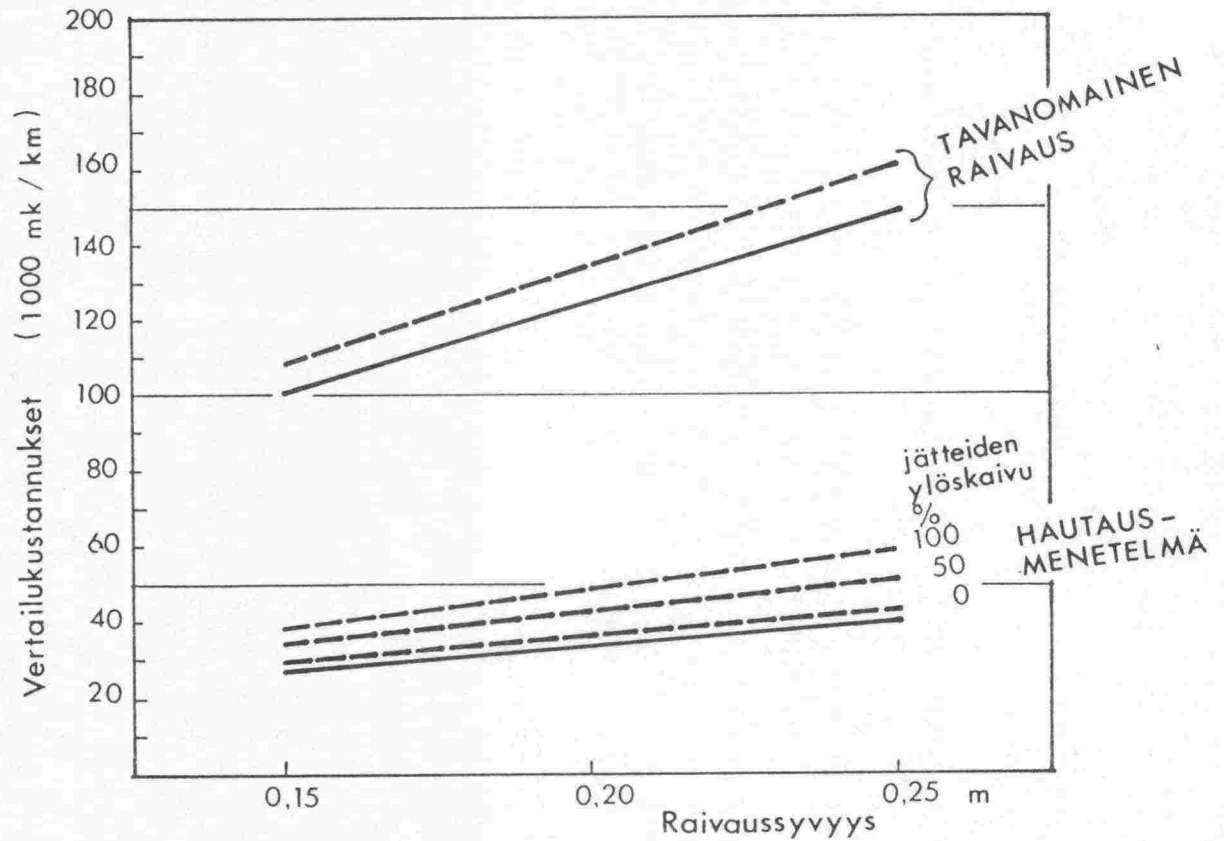
Vertailulaskelmien perusolettamuksissa on kaikki jätteet oletettu kaivettavan ylös tien leventämisvaiheessa, koska tätä on esitetty syyksi hautausmenetelmän vähäiselle käytölle.

Koska hautaus tehdään yleensä vain toiselle puolen tietä olisi leventämisvaiheessa luonnollista selvittää kummalla puolen tietä jätteet ovat ja pyrkiä tekemään levennys toiselle puolelle.

Jos levennyspuoli määräytyy riippumatta hautauspuolesta, joudutaan yksipuolista levennystä käyttettäessä kaivamaan jätteistä ylös todennäköisesti "vain" puolet.

Jos puolet jätteistä kaivettaisiin ylös, olisi lisäraivaus molemmissa menetelmissä samanhintaista. Jos levennys pystytään tekemään tien toiselle puolen ilman, että jätteitä tarvitsee kaivaa ylös, olisi hautausmenetelmä tässäkin vaiheessa olennaisesti edullisempi (kuva 8).

Ensimmäisen rakennusvaiheen ja levennysvaiheen yhteenlasketujen vertailukustannusten perusteella määräytyvään menetelmien keskinäiseen edullisuuteen ei tällä jätteiden ylöskaivuprosentilla ole merkittävää vaikutusta (kuva 9).

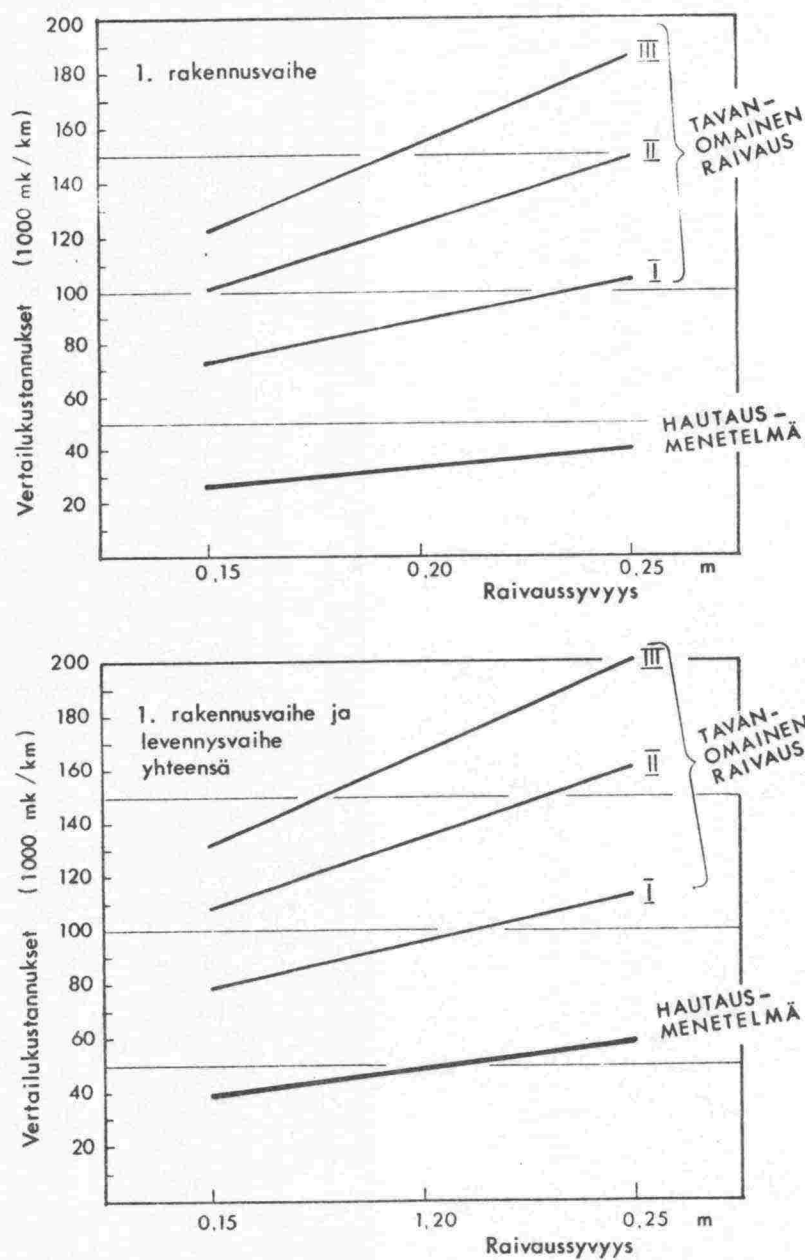


Kuva 9: Tien hautauspuolen ja levennyspuolen vaikutus vertailukustannuksiin keskim. kuljetusmatkoilla

- ensimm. rakennusvaihe (raiv.lev. 20 m)
 - - - ens.rak.vaihe + levennysvaihe yht.
 (lisäraiv.lev. 5 m)

6.4 Kuljetusmatka

Hautausmenetelmä on kaikilla kuljetusmatkoilla tavanomaista raivausta edullisempi. Tämä ero lisääntyy, kun etäisyys läjitysalueelle tai varamaanottopaikalle kasvaa (kuva 10).



Kuva 10: Raivausmenetelmien vertailukustannusten riippuvuus kuljetusmatkoista

	I	II	III
läjitysalueelle (km)	0,5-1	1-2	2- 3
varamaapaikalta (km)	0,5-1	5-6	9-10

II = keskimääräiset kuljetusmatkat

6.5 Kivisyys ja lohkareisuus

Pohjamaan lohkareisuus ja runsas penkereeseen kelpaamattomien ylisuurten kivien määrä heikentävät hautausmenetelmän edullisuutta.

Tällaisessa maaperässä joudutaan kaivanto tekemään ylisuurten kivien ja lohkareiden väleihin.

Tässä vertailulaskelmassa on otettu hiomioon hautausmenetelmän käyttöön heikommin soveltuvat kohteet laskettaessa menetelmävalinnan kustannusmerkitystä. Tällöin on lähdetty varovasti tilanteesta, jossa hautausmenetelmän osuus nousisi 20 %:iin raivustöistä (kohta 7).

Jos pengeralustasta harataan ylisuuret kivet piikkikauhalla, joudutaan nämä jälkikäsittelemään, jollain seuraavista tavoista

- hautaus
- rikkominen penkereeseen kelpaaviksi
- murskaus
- läjitys.

6.6 Nollatasaus/tasauviivan nosto

Sopivissa olosuhteissa voidaan tasausviiva suunnitella siten, että tavanomaista raivausmenetelmää käytettäessä raivausjätteet viedään kaatopaikalle, mutta varamaanottopaikalta ei tuoda pengermassoja.

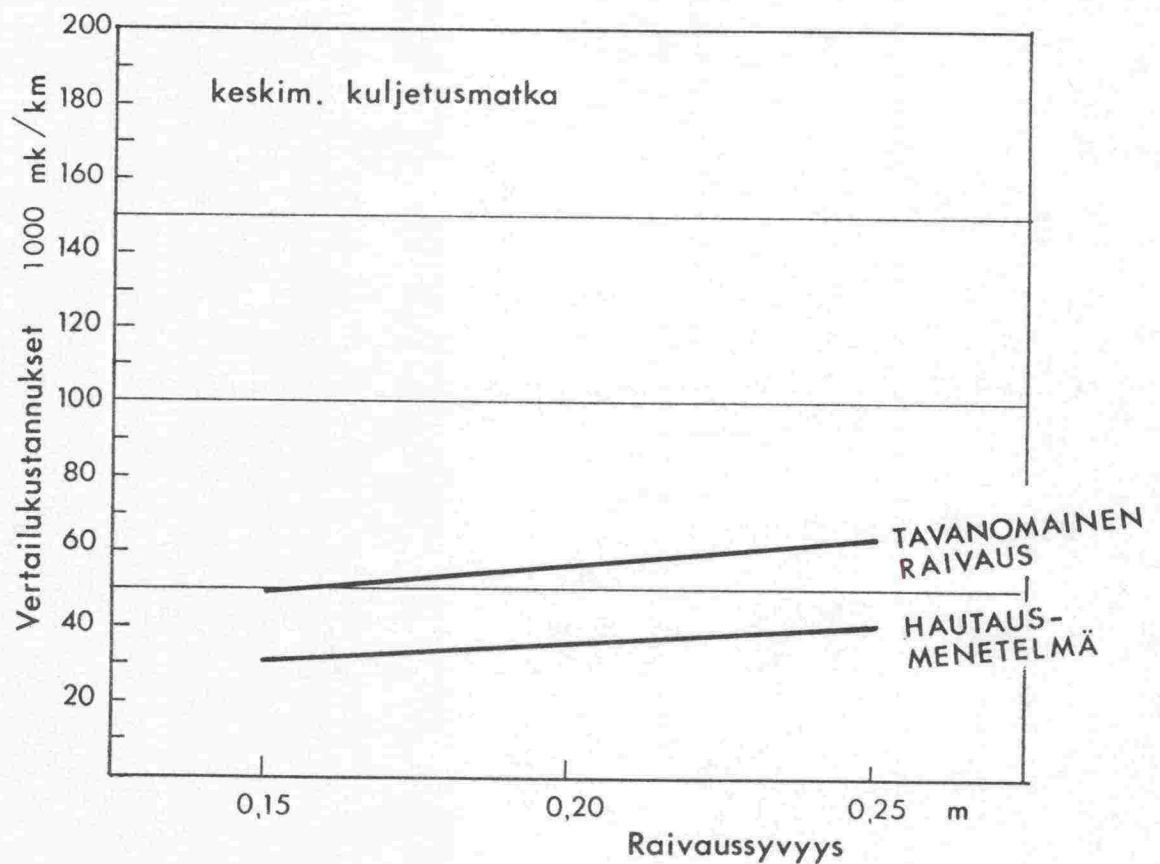
Tällöin edellyttäisi hautausmenetelmän käyttö tasausviivan nostamista.

Tasausviivan nostosta on usein etuakin. Jos pengermassoja ei kuitenkaan tarvita tässä esimerkkitapauksessa, ei tavanomaisen

menetelmän vertailukustannuksiin sisällytetä pengermassoja, jotka vastaisivat kaivannosta saatavaa materiaalmäärää.

Keskimääräisillä kuljetusmatkoilla ovat hautausmenetelmän vertailukustannukset 19000 - 24000 mk/km (38 %) alhaisemmat kuin tavanomaisessa vaihtoehdossa (kuva 11).

Tästä voidaan päätellä, että hautausmenetelmän käyttö kannattaa vaikka tasausviivaa nostamalla.



Kuva 11: Raivausmenetelmien vertailukustannukset, jos hautausmenetelmän käyttämisen vuoksi nostetaan tasausviivaa

7.

RAIVAUSMENETELMÄVALINNAN KUSTANNUSMERKITYS

Jos hautausmenetelmän käyttö raivaustöissä yleistyisi kahteenkymmeneen prosenttiin (nykyisin 3,6 %) eli kasvaisi

1,2 milj.m², voidaan esittää vertailulaskelma seuraavin olettamuksin

- raivausolosuhteet keskimääräiset (raivaussyvyys 0,2 m)
- keskimääräiset kuljetusmatkat
- raivausleveys 10 - 20 m (leveys näissä rajoissa ei vaikuta neliöhintaan).

Tavanomaisessa raivauksen vertailuneliöhinta jakaantuu

	mk/m ²	%
pintamaan poisto	2,8	45
pengerrys	<u>3,4</u>	55
yhteensä	6,2	

Niillä nollatasausosuuksilla, joilla ei ole pengermassojen tarvetta ja joilla hautausmenetelmän käyttö edellyttää tasausviivan nostamista, jää tavanomaisen raivauksen vertailukustannuksiin vain pintamaan poisto. Jos oletetaan, että tällaisia osuuksia on 20 % raivauspituudesta, saadaan

Tavanomainen raivaus

$$(0,2 \times 2,8 \text{ mk/m}^2 + 0,8 \times 6,2 \text{ mk/m}^2) \times 1,2 \text{ milj.m}^2 = 6,6 \text{ Mmk}$$

Hautausmenetelmä

$$1,2 \text{ milj.m}^2 \times 1,7 \text{ mk/m}^2 = 2,0 \text{ Mmk}$$

Hautausmenetelmällä säästö vuodessa

4,6 Mmk

Raivausjätteiden sijoitus luiskiin on nykyisin verrattain yleisessä käytössä. Ottaen huomioon että hautausmenetelmän käytön lisäys kohdistuisi osittain myös kohteisiin, jollaisissa nykyään käytetään luiskiin sijoitusta, ei luiskiin sijoituksen osuutta ole kovin paljon lisättävissä.

Jos luiskiin sijoituksen osuus kasvatettaisiin nykyisestä n. 15 % osuudesta 25 %:iin luiskia loiventamalla, saadaan vertailukustannuksiksi:

Tavanomainen raivaus

-	pintamaan poisto	0,73 milj.m ²	x	2,8 mk/m ²	=	2,0 Mmk
-	pengerrys	0,73	"-	x 3,4	"-	= <u>2,5</u> "
	Yhteensä					4,5 Mmk

Luiskiinsijoitusmentelmä

-	sijoitus luiskiin	0,73 milj.m ²	x	0,25 mk/m ²	=	0,2 Mmk
-	pengerrys	0,73	"-	x 3,4	"-	= <u>2,5</u> "
	Yhteensä					2,7 Mmk

Luiskaansijoitusmenetelmällä säästö vuodessa

1,8 Mmk